

2. 力偶矩

力偶由两个力组成,它的作用是改变刚体的转动状态。因此,力偶对刚体的转动效果,可以用力偶的两个力对其作用面内任一点的矩的代数和来度量,即力偶矩。在同一平面中,两个力中其中任一个力与两个力之间的距离(力偶臂)的乘积称为力偶矩,单位:牛顿·米($N \cdot m$)。一般记为 $M_o(F, F')$, 简单记为 M 。

$$M_o(F, F') = \pm F \cdot d \text{ 或 } M = \pm F \cdot d$$

式中: $M_o(F, F')$ 或 M ——力偶矩, $N \cdot m$ 。

对于力偶矩的正负,通常规定,在同一平面内,逆时针方向转动的力偶矩为正,顺时针方向转动的力偶矩为负。

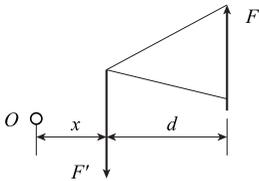


图 1-14 力偶与矩心

3. 力偶的性质

力偶是两个特殊的有关联的力组成的,因此具有与单个力所不同的性质。

性质一:力偶无合力,力偶的两个力在任何坐标轴上的投影代数和为零,即力偶不能与力等效,因此力偶也不能与力平衡。

性质二:力偶的两个力对其作用面内任一点的矩的代数和恒等于力偶矩,而与矩心位置无关,如图 1-14 所示。

$$M_o(F) + M_o(F') = F(x + d) - F'x = Fd = M$$

由于矩心 O 是任取的,因此,力偶矩与矩心的位置无关。

性质三:平面力偶等效定理,作用于刚体同一平面内两个力偶等效的充分且必要条件为其力偶矩相等。

三、力的平移

力的平移定理:作用在刚体上 A 点的力 F ,可以平移到其上任意一点 O ,但同时附加一力偶,其力偶矩等于力 F 对该点之矩,即: $M = M_o(F)$,如图 1-15 所示。

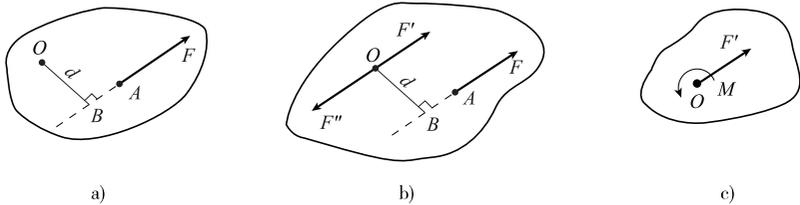


图 1-15 力的平移定理

单元 1.3 物体受力分析

一、约束、约束力

1. 概念

(1) 自由体:可以在空间作任意运动的物体,如飞机、火箭等。

(2) 非自由体: 受到其他物体的限制, 沿着某些方向不能运动的物体, 如悬挂的重物。

(3) 约束: 对非自由体的某些位移起限制作用的周围物体称为约束。

(4) 约束反力: 约束对非自由体施加的反作用力——约束反力。

约束反力的方向总是与约束所能阻碍的物体的运动或运动趋势的方向相反, 它的作用点就在约束与被约束的物体的接触点, 大小可以通过计算求得。

2. 约束的类型

1) 柔性体约束

由柔软而不计自重的绳索、链条、传动带等形成的约束称为柔体约束。绳索类只能受拉力, 所以它们的约束反力是作用在接触点, 方向沿绳索背离物体。

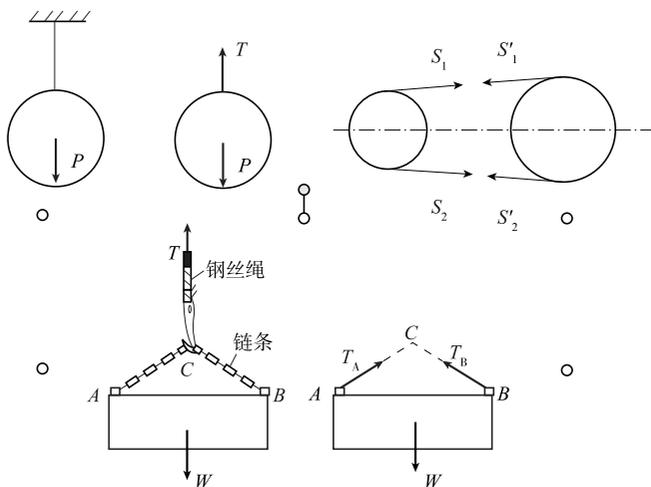


图 1-16 柔软的绳索、链条或传动带构成的约束

2) 具有光滑接触表面的约束

两个相互接触的物体, 如果接触面上的摩擦力很小而略去不计, 那么由这种接触面所构成的约束, 称为光滑接触面约束。约束反力作用在接触点处, 方向沿接触点的公法线, 指向受力物体, 如图 1-17 所示。

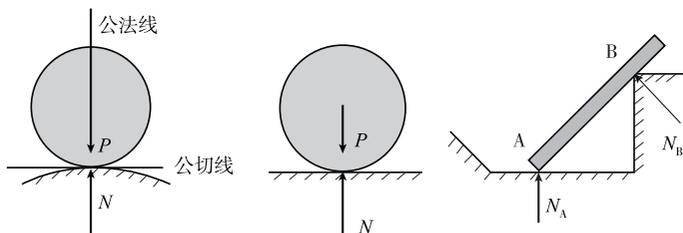


图 1-17 光滑接触面的约束

齿轮传动轮齿之间的作用力, 如图 1-18 所示。

3) 光滑圆柱铰链约束

圆柱铰链简称铰链, 它由一个圆柱形销钉插入两个物体的圆孔中而构成, 如图 1-19 所示。铰链约束只能限制两物体相对移动, 不能限制其相对转动。铰链约束具体有三种形式。

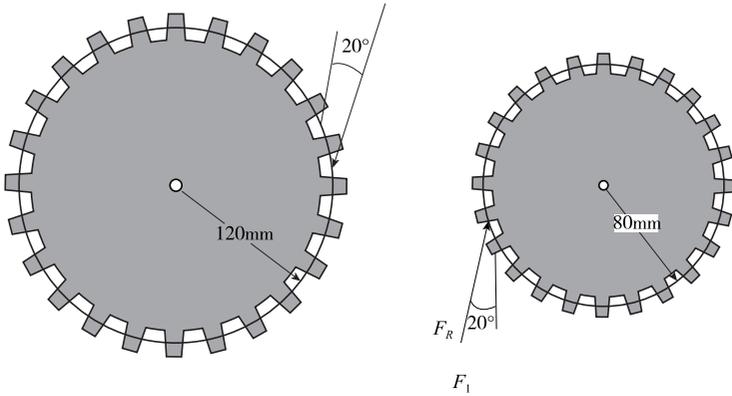


图 1-18 齿轮传动轮齿之间的作用力

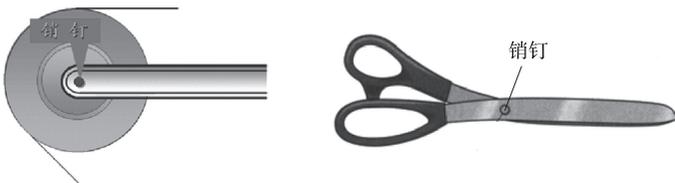


图 1-19 铰链约束

(1) 固定铰支座。若相连的两个构件有一个固定在机架上,则称为固定铰链支座,如图 1-20 所示。

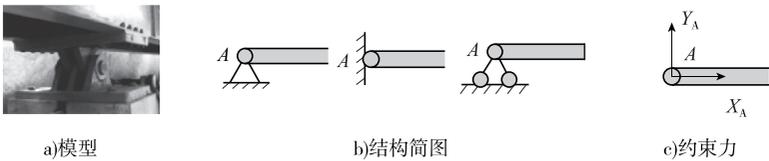


图 1-20 固定铰链约束

(2) 中间铰链。若相连的两个构件均无固定,则称为中间铰,如图 1-21 所示。

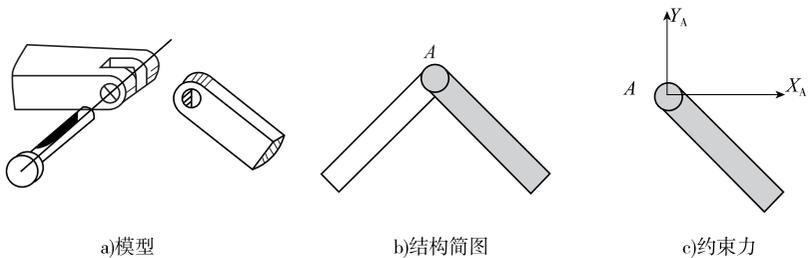


图 1-21 中间约束

(3) 活动铰链支座。若在固定铰支座的下面有辊轴,支座可以沿支承面移动,称为活动铰链支座,如图 1-22 所示。

活动铰链支座只限制物体沿垂直于支承面方向的运动,不能限制物体沿支承面的运动和绕销钉的转动。

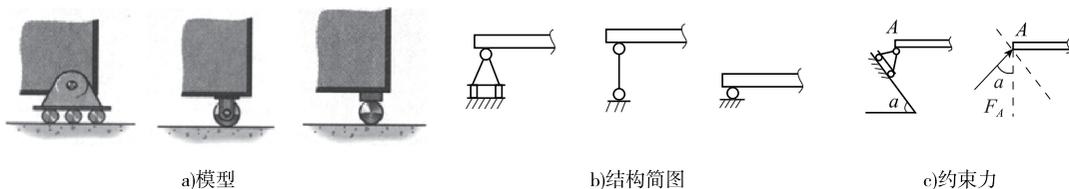


图 1-22 活动铰链支座

二、受力图

解决力学问题时,首先要选定需要进行研究的物体,即选择研究对象;然后根据已知条件、约束类型并结合基本概念和公理分析它的受力情况,这个过程称为物体的受力分析。

受力图是画出分离体上所受的全部力,即主动力与约束力。

画受力图的步骤:

- (1) 选研究对象,取分离体。
- (2) 画上主动力。
- (3) 画出约束反力。

例 1-2 简支梁两端分别为固定铰支座和可动铰支座,在 C 处作用一集中荷载 F (图 1-23),梁重不计,试画梁 AB 的受力图。

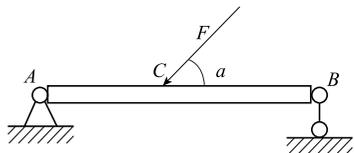


图 1-23 简支梁结构图

解: (1) 取研究对象;画分离体图。

(2) 在分离体上画所有主动力。

(3) 在分离体上解除约束处按约束性质画出全部约束力,见图 1-24。

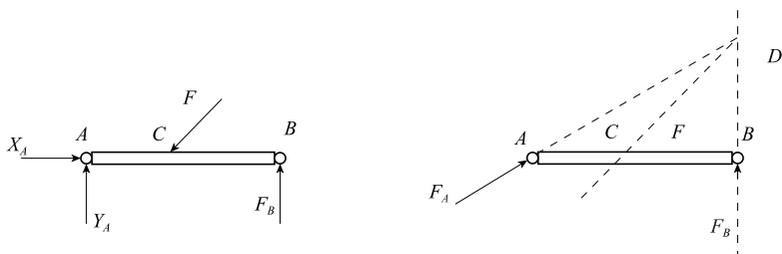


图 1-24 受力图



复习思考题

一、简答题

1. 力的三要素是什么?
2. 二力平衡条件是什么?
3. 作用力和反作用力的关系是什么?
4. 什么叫约束? 常见的约束类型有哪些?
5. 三力汇交于一点,是否一定平衡? 为什么?

二、填空题

1. 力是一个既有_____又有_____的矢量。在国际单位制中,力的单位用_____(牛)或_____(千牛)表示。
2. 一个物体对另一个物体有一个作用力时,另一物体对该物体必有一个反作用力。这两个力_____相等、_____相反、作用在_____上,且分别作用在_____上。
3. 作用于刚体上的力,可以沿其_____移动到该刚体上的_____,而_____它对刚体的作用效果。
4. 在力学上用力 F 与距离 d 的乘积及其转向来度量力 F 使物体绕 O 点转动的效应,称为力 F 对 O 点之矩,简称_____,以符号 $M_o(F)$ 表示。 O 为力矩中心,简称_____; O 点到力 F 作用线的垂直距离 d 称为_____。
5. 正负号表示两种不同的转向,规定使物体产生_____旋转的力矩为正值;反之,为负值。
6. 提高转动效应的方法:一方面可以_____,更有效的办法是_____。
7. 力偶的应用实例:司机双手转动_____,_____,_____,麻花钻两_____,用两个手指拧动水龙头、开门锁等。
8. 作用于刚体上的力,可以平移到刚体上_____,但必须附加_____才能与原来的力等效,附加力偶的力偶矩等于原来的力对新作用点的力矩。

三、作图题

1. 如图 1-25 所示,画出图示中球的受力图。
2. 重量为 G 的均质杆 AD ,其 A 端靠在光滑铅垂墙的顶角处, B 端放在光滑的水平面上,在点 D 处是直角尖,如图 1-26 所示,试画出杆 AD 的受力图。

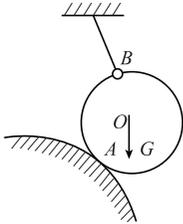


图 1-25 绳子悬挂一球

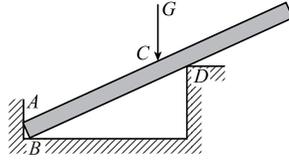


图 1-26 杆 AD 的受力图

3. 如图 1-27 所示,简支梁 AB 在中点 C 处受到集中力 F 作用, A 端为固定铰链支座约束, B 端为活动铰链支座约束,试画出梁的受力图。
4. 如图 1-28 所示,试分别画出图中 AD 杆件, BC 杆件的受力图。

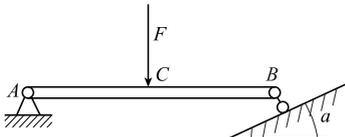


图 1-27 简支梁 AB

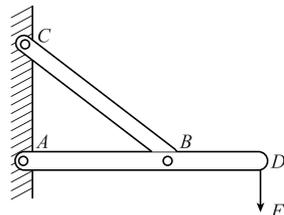


图 1-28